

PATENTCHRIFT

1240 146

Deutsche Kl.: 21 a4 - 48/44

Nummer: 1 240 146

Aktenzeichen: T 23554 IX d/21 a4

Anmeldetag: 2. März 1963

Auslegetag: 11. Mai 1967

Ausgabetag: 11. Januar 1968

Patentschrift weicht von der Auslegeschrift ab

1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren bereits vorgeschlagener Art zur Bestimmung des Standorts von Fahrzeugen, gemäß dem erstens die Fahrzeuge mit je einem Sender ausgestattet sind und jedem Fahrzeug ein bestimmtes, es identifizierendes Zeitintervall zugeordnet ist, gemäß dem zweitens etwa zu Beginn dieses Zeitintervalls der Sender einen Impuls hochfrequenter elektromagnetischer Schwingungen aussendet, gemäß dem drittens in drei festen Bodenempfangsstationen die Zeitdifferenz von einer allen Empfangsstationen gemeinsamen Bezugszeit aus, die in etwa dem Sendezeitpunkt entspricht, bis zum Eintreffen des Impulses gemessen werden, wobei diese Zeitdifferenzen ein Maß für die scheinbaren Entfernungen sind, gemäß dem viertens aus diesen drei scheinbaren Entfernungen und den Abständen der Bodenstationen zueinander der durch die Differenz zwischen tatsächlichem Sende- und Bezugszeitpunkt gegebene, in allen drei Fällen gleich große Entfernungsfehler berechnet und zur Gewinnung der tatsächlichen Entfernungen zu den scheinbaren Entfernungen vorzeichenrichtig addiert wird und bei dem fünftens diese drei tatsächlichen Entfernungen sowie die Standorte der Empfangsstationen zur Berechnung des Standortes des jeweiligen Fahrzeugs herangezogen werden.

An Hand der Fig. 1 und 2 soll das System gemäß dem älteren Vorschlag näher erläutert werden. In Fig. 1 ist ein Impulsschema dargestellt. Es zeigt, wie n Sender nacheinander im Abstand von z. B. 10 Millisekunden ein Signal aussenden. Nach 10 Sekunden wiederholt sich der gesamte Ablauf wieder. Die Skala der Fig. 1 ist eine Zeitskala, die in der obersten Zeile die Sendezeitpunkte S_1 bis S_n der einzelnen Sender wiedergibt. In der zweiten Zeile sind die Zeitpunkte E_1 bis E_n des Eintreffens dieser Signale bei einem Empfänger dargestellt. Aus den beiden Zeitpunkten ergeben sich die Laufzeiten l_1 bis l_n der Signale und damit an jedem Empfänger entsprechende Entfernungen. Die auf diese Weise ermittelten Entfernungen entsprechen nur dann den tatsächlichen Entfernungen, wenn die Zeitnormale bei den Sendern und bei den Empfängern sich im Gleichlauf befinden. Ist dies jedoch nicht der Fall, so ist es notwendig, die ermittelten Entfernungen zu korrigieren. Wie bereits oben erwähnt, setzt das System gemäß dem älteren Vorschlag für die Empfangsstationen Zeitnormale voraus, die sich in einem für die Entfernungsmessung bzw. Standortbestimmung ausreichenden Gleichlauf befinden. Dagegen können gemäß dem System des älteren Vorschlags bei den Fahrzeugen weniger genaue Zeitnormale benutzt werden.

Verfahren zur Bestimmung des Standorts von Fahrzeugen

Patentiert für:

Telefunken

Patentverwertungsgesellschaft m. b. H.,
Ulm/Donau, Elisabethenstr. 3

Als Erfinder benannt:

Herbert Muth, Neu-Ulm/Donau

2

Aus Ersparnisgründen ist die Verwendung von weniger genauen Zeitnormalen bei den Fahrzeugen von sehr großer Wichtigkeit.

Die Verhältnisse bei der Benutzung weniger genauer Zeitnormale bei den Fahrzeugsendern sollen an Hand der Fig. 2 näher erläutert werden. Mit I, II und III sind drei Empfangsstationen bezeichnet, die an den Eckpunkten des aus den Seiten r , s und t gebildeten Dreiecks liegen. Das Fahrzeug, dessen Standort zu ermitteln ist (bzw. dessen Entfernung), trägt das Bezugszeichen 1. Es soll hier die Annahme gemacht werden, daß die Uhr im Flugzeug um Δt nachgeht, d. h. nach dem eigentlichen Sendezeitpunkt des Flugzeuges mit der Aussendung des Signals beginnt. Die Laufzeit T_1 des Signals zum Empfänger I oder die hieraus sich ergebende Entfernung R_1 zwischen Flugzeug und Empfänger ist damit um Δt bzw. Δ zu groß. Dieser Fehler Δt bzw. Δ muß nun berechnet werden. Er ist in allen drei Laufzeiten gleich groß. Man kann diesen Fehler dadurch berechnen, daß man für die Teildreiecke, bestehend aus den Seiten $(R_1 - \Delta)$, $(R_2 - \Delta)$ und r bzw. $(R_2 - \Delta)$, $(R_3 - \Delta)$ und t bzw. $(R_1 - \Delta)$, $(R_3 - \Delta)$ und s den aus der Mathematik bekannten Kosinussatz anwendet, die Winkel aus den entstehenden drei Gleichungen durch gegenseitiges Einsetzen eliminiert und die dabei ent-

stehende quadratische Gleichung für Δ löst. Es ergibt sich hierbei die folgende quadratische Gleichung:

$$a\Delta^2 - 2b\Delta + c = 0,$$

wobei

$$a = r^4 + s^4 + t^4 - 2(r^2s^2 + r^2t^2 + s^2t^2) + 4(R_1^2t^2 + R_2^2s^2 + R_3^2r^2) + 4R_1R_2(r^2 - s^2 - t^2) + 4R_1R_3(s^2 - r^2 - t^2) + 4R_2R_3(t^2 - r^2 - s^2),$$

$$b = R_1t^4 + R_2s^4 + R_3r^4 - (R_2 + R_3)r^2s^2 - (R_1 + R_3)r^2t^2 - (R_1 + R_2)s^2t^2 + 2(R_1^3t^2 + R_2^3s^2 + R_3^3r^2) + R_2R_3(R_2 + R_3)(t^2 - r^2 - s^2) + R_1R_3(R_1 + R_3)(s^2 - r^2 - t^2) + R_1R_2(R_1 + R_2)(r^2 - s^2 - t^2)$$

und

$$c = +r^2s^2t^2 + R_3^2r^4 + R_2^2s^4 + R_1^2t^4 - (R_3^2 + R_2^2)r^2s^2 - (R_1^2 + R_3^2)r^2t^2 - (R_1^2 + R_2^2)s^2t^2 + R_2^4s^2 + R_3^4r^2 + R_1^4t^2 + R_1^2R_2^2(r^2 - s^2 - t^2) + R_1^2R_3^2(s^2 - r^2 - t^2) + R_2^2R_3^2(t^2 - r^2 - s^2)$$

ist.

Die angegebene Gleichung löst man in einer Zentrale mittels eines Rechners. Es bedarf bei dem heutigen Stand der Rechnertechnik an dieser Stelle keines Hinweises, wie ein Rechner zur Lösung einer derartigen Gleichung auszusehen hat. In ihn werden lediglich die drei Entfernungen r , s und t (oder die entsprechenden Laufzeiten nach der Formel

$$\text{Laufzeit} = \frac{\text{Entfernung}}{\text{Lichtgeschwindigkeit}})$$

sowie die sich an den einzelnen Empfängern auf Grund des Vergleichs des Sendezeitpunktes mit dem Eintreffzeitpunkt des Signals ergebenden Entfernungen (oder auch Laufzeiten) eingegeben. In einer relativ kurzen Zeit von etwa 5 Millisekunden kann am Rechner der Wert für Δ (oder Δt) entnommen werden, also der Wert, um den die einzelnen Entfernungen (oder Laufzeiten) falsch gemessen wurden. Allerdings ergeben sich auf Grund der quadratischen Gleichung zwei Werte für Δ (Δt). Hiervon muß ein Wert gewählt werden (der betragsmäßig kleinere). Dieser Wert wird dann im hier gewählten Beispiel von den ermittelten Entfernungen (bzw. von der ermittelten Laufzeit) abgezogen und ergibt nun die tatsächliche Entfernung bzw. Laufzeit. Aus diesen korrigierten Entfernungen und den Standorten der Empfangsstation läßt sich dann in bekannter Weise der Standort des Fahrzeugs bestimmen.

Die oben angestellte Rechnung bezieht sich, wie aus der Fig. 2 ersichtlich, auf eine Situation, in der die drei Empfangsstationen sowie das Fahrzeug sich in einer Ebene befinden. Auch ist das bisher beschriebene System anwendbar, wenn der Abstand des Fahrzeugs von der aus den drei Empfangsstationen gebildeten Bezugsebene klein im Vergleich zu den Entfernungen des Fahrzeugs von den Empfangsstationen ist. Eine andere Situation ergibt sich aber, wenn die oben angegebene Relation zwischen den Entfernungen des Fahrzeugs von den Empfangsstationen und dem Abstand von der Bezugsebene nicht mehr gegeben ist.

Einen Weg anzugeben, auf Grund dessen das beschriebene Verfahren zur Standortbestimmung auch anwendbar ist, wenn die obenerwähnte Relation nicht mehr gegeben ist, also der Abstand des Fahrzeugs, was insbesondere bei Flugzeugen der Fall sein wird, in die Größenordnung der Entfernungen des Fahrzeugs von den Empfangsstationen kommt, ist Zweck der vorliegenden Erfindung.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß zur Bestimmung des Standorts von solchen Fahrzeugen, die

sich in beliebigem Abstand von der Ebene bewegen, in der die Empfangsstationen liegen, der Abstand des jeweiligen Fahrzeugs von dieser Ebene ermittelt und neben den drei tatsächlichen Entfernungen zwischen Fahrzeug und Empfangsstationen bei der Berechnung des Standorts herangezogen wird.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß es im Zusammenhang mit einem bekannten Funküberwachungssystem, das sehr genaue Zeitnormale sowohl sender- als auch empfangsseitig voraussetzt, bekannt ist, die Höhe des Flugzeugs an Bord zu ermitteln und die Höheninformation zu den Empfangsstationen zu übertragen. In die Standortberechnung geht diese vom Flugzeug übertragene Höheninformation bei dem bekannten Verfahren jedoch nicht ein.

In der Fig. 3 ist in perspektivischer Sicht ein Beispiel dargestellt, bei dem die Höhe H , wie sich aus dieser Zeichnung ergibt, bei der Bestimmung des Standorts (und damit der Entfernungen des Standorts von den Empfangsstationen) mit berücksichtigt werden muß. Die Ebene der Empfangsstationen, also die Bezugsebene, ist mit 2 bezeichnet, die Empfangsstationen selbst wie in der Fig. 2 mit I, II und III. Auch hier sind die auf Grund der Ungenauigkeit des Zeitnormals bei der Sendestation ermittelten, noch nicht korrigierten Entfernungen, die sich aus den entsprechenden Laufzeiten ergeben, mit R_I , R_{II} und R_{III} bezeichnet. Die Höhe des Flugzeugs ist mit H angegeben. Bei der Berechnung des Korrekturwertes Δ muß nunmehr die Höhe H mit einbezogen werden; hierzu muß die Höhe des Flugzeugs über der betrachteten Ebene übermittelt werden. Am günstigsten geschieht die Ermittlung der Höhe des Flugzeugs über der Bezugsebene vom Flugzeug aus, und der ermittelte Wert wird dann vom Flugzeug aus zu den Empfangsstationen übermittelt. Vorteilhafterweise wird die Höheninformation im Anschluß an den vom Flugzeug gesendeten Zeitimpuls automatisch übertragen. Die oben angegebene Berechnung des Wertes für Δ ändert sich unter Berücksichtigung der ermittelten Höhe nur gering. Dem oben angegebenen Ausdruck für c ist dann nur noch der Ausdruck

$$+ 2H^2(r^2s^2 + r^2t^2 + s^2t^2) - H^2(r^4 + s^4 + t^4)$$

hinzuzufügen. Wie in der Fig. 2 werden mit r , s und t die Seiten des Dreiecks benannt, an dessen Eckpunkt die Empfangsstationen liegen. Mit den auf Grund der abgeänderten Berechnungsformel erhaltenen Werten für Δ lassen sich dann nach vorzeichenrichtiger Addition des Wertes für Δ zu den scheinbaren Entfernungen R_I , R_{II} und R_{III} die Projektionen

R'_i , R''_i und R'''_i der Entfernungen errechnen. Aus ihnen wird dann in bekannter Weise der Standort berechnet.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist auch bei der Anwendung der Umkehrung des bereits vorgeschlagenen Verfahrens auf die Standortbestimmung anwendbar. Diese Umkehrung ist ebenfalls bereits Gegenstand des älteren Vorschlags. Bei der Umkehrung des Systems sind an Stelle der drei Empfänger drei Sender vorgesehen, die, durch Zeitnormale hoher Güte gesteuert, nacheinander zu festgelegten Zeitpunkten Signale aussenden. Im Fahrzeug ist dann je ein Empfänger vorgesehen, der mit einem Zeitnormal geringerer Güte gekoppelt ist. Mittels eines Rechners wird auf Grund der drei gemessenen Laufzeiten der Wert für Δ bzw. Δt errechnet und von den ermittelten Entfernungen bzw. Laufzeiten abgezogen. Der Laufzeitfehler kommt hier allein durch das Zeitnormal von der Empfängerseite zustande. Aus den drei korrigierten Laufzeiten läßt sich dann der Standort des Flugzeugs ermitteln.

Bei der erfindungsgemäßen Anwendung der Umkehrung des Verfahrens bei Fahrzeugen, die sich nicht in der Bezugsebene bewegen, ist es nicht notwendig, den Wert des Abstandes des Fahrzeugs von der Bezugsebene zu den Empfangsstationen zu übermitteln. Dieser Abstand ist in einfacher Weise bei dem entsprechenden Fahrzeug, z. B. Flugzeug, feststellbar und kann bei der Berechnung des Wertes für Δ bzw. Δt am Fahrzeug bzw. Flugzeug sofort berücksichtigt werden.

Es ist zwar auch die fahrzeugseitige Standortberechnung aus den Ankunftszeitpunkten von von drei Bodenstationen ausgesandten Wellen durch Vergleich mit einer Bezugsschwingung bekannt. Der Fall von Fahrzeugen, die sich nicht in der Ebene der Bodenstationen bewegen (Flugzeuge), wird jedoch nicht betrachtet.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bestimmung des Standortes von Fahrzeugen, gemäß dem erstens die Fahrzeuge mit je einem Sender ausgestattet sind und jedem Fahrzeug ein bestimmtes, es identifizierendes Zeitintervall zugeordnet ist, gemäß dem zweitens etwa zu Beginn dieses Zeitintervalls der Sender einen Impuls hochfrequenter elektromagnetischer Schwingungen aussendet, gemäß dem drittens in drei festen Bodenempfangsstationen die Zeitdifferenzen von einer allen Empfangsstationen gemeinsamen Bezugszeit aus, die in etwa dem Sendezeitpunkt entspricht, bis zum Eintreffen des Impulses gemessen werden, wobei diese Zeitdifferenzen ein Maß für die scheinbaren Entfernungen sind, gemäß dem viertens aus diesen drei scheinbaren Entfernungen und den Abständen der Bodenstationen zueinander der durch die Differenz zwischen tatsächlichem Sende- und Bezugszeit-

punkt gegebene, in allen drei Fällen gleich große Entfernungsfehler berechnet und zur Gewinnung der tatsächlichen Entfernungen zu den scheinbaren Entfernungen vorzeichenrichtig addiert wird und bei dem fünftens diese drei tatsächlichen Entfernungen sowie die Standorte der Empfangsstationen zur Berechnung des Standortes des jeweiligen Fahrzeugs herangezogen werden, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Standorts von solchen Fahrzeugen, die sich in beliebigem Abstand von der Ebene bewegen, in der die Empfangsstationen liegen, der Abstand des jeweiligen Fahrzeugs von dieser Ebene ermittelt und neben den drei tatsächlichen Entfernungen zwischen Fahrzeug und Empfangsstationen bei der Berechnung des Standorts herangezogen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der beim Fahrzeug ermittelte Abstand zwischen Fahrzeug und Ebene zum Boden übermittelt wird.

3. Verfahren zur fahrzeugseitigen Bestimmung des Standorts eines Fahrzeugs, gemäß dem erstens drei Bodensendestationen zu festgelegten, die Bodenstationen identifizierenden Zeitpunkten je einen Impuls hochfrequenter elektromagnetischer Schwingungen aussenden, gemäß dem zweitens die nacheinander ausgesendeten Impulse von einem Empfänger im Fahrzeug empfangen werden und die Zeitdifferenzen zwischen den bekannten Sendezeitpunkten und den gemessenen Empfangszeitpunkten als Maß für die scheinbaren Entfernungen dienen und gemäß dem drittens aus den drei scheinbaren Entfernungen und den Abständen der Bodenstationen zueinander der durch die Differenz zwischen tatsächlichem jeweiligem Sendebeginn und dem beim Empfänger auf Grund des nicht mit ausreichender Genauigkeit arbeitenden Zeitnormals angenommenen Sendezeitpunkt gegebene, in allen drei Fällen gleich große Entfernungsfehler berechnet und zu den scheinbaren Entfernungen vorzeichenrichtig addiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Standorts eines Fahrzeugs, welches sich in beliebigem Abstand von der Ebene bewegt, in der sich die Sendestationen befinden, neben den tatsächlichen Entfernungen des Fahrzeugs von den Bodenstationen und neben den bekannten Standorten der Sendestationen auch der im Fahrzeug ermittelte Abstand zwischen Fahrzeug und Ebene zu der Berechnung herangezogen wird.

In Betracht gezogene Druckschriften:

Britische Patentschrift Nr. 893 410;
USA.-Patentschriften Nr. 2972 742, 3 047 861;
Nachrichtentechnische Zeitschrift, 13 (1960),
1 (Januar), S. 44/45.

In Betracht gezogene ältere Patente:
Deutsches Patent Nr. 1 214 754.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Best Available Copy

BEST AVAILABLE COPY

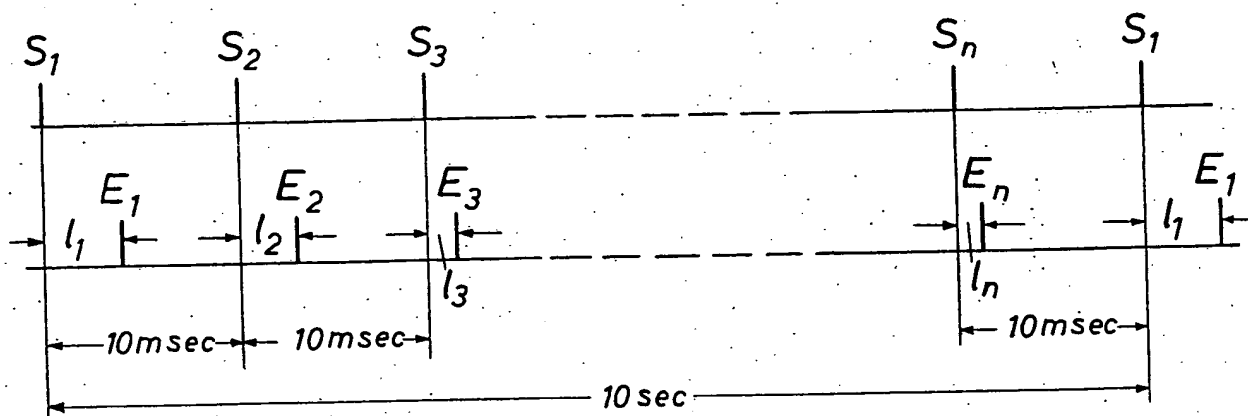
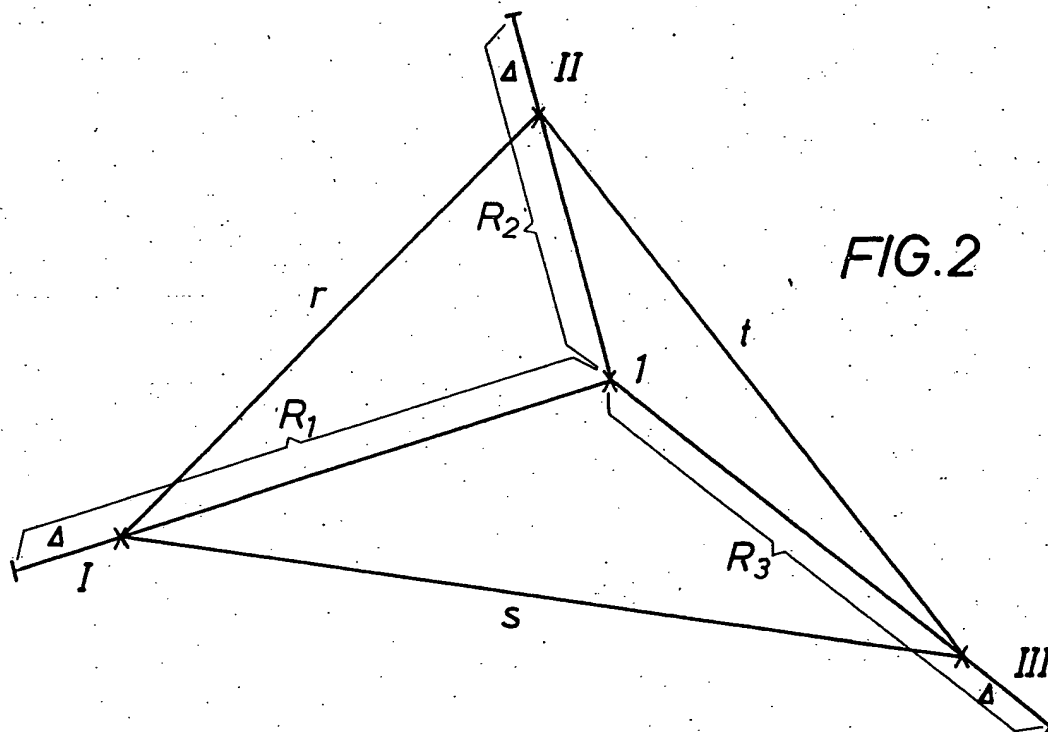


FIG. 1



BEST AVAILABLE COPY

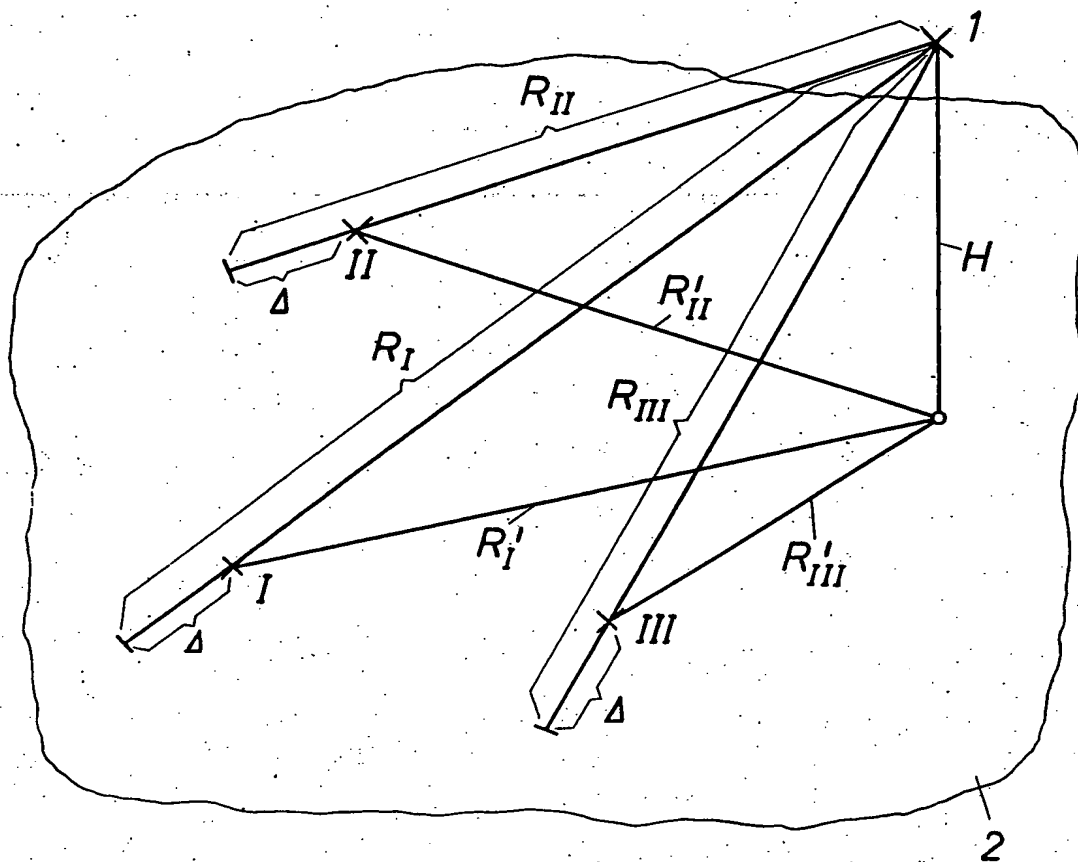


FIG. 3

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)